Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Über die Theilung der Kerne in Spirogyra-Zellen.

Von Dr. **Eduard Tangl,**
Professor in Czernowitz.

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 30. März 1882.)

Die vorliegenden Untersuchungen habe ich an einer Spirogyra ausgeführt, die ich an einem warmen Decembertage vorigen Jahres, in der Umgebung meines Wohnortes, in einem Wassertümpel auffand. Von diesem in Cultur genommenen Materiale wurden an drei aufeinander folgenden Tagen, des Nachts zwischen 11 und 1 Uhr entsprechende Quantitäten entnommen, und sofort in die bereits früher von Strasburger [1] zur Fixirung der Theilungszustände des Kernes benützte 1% Chromsäure gebracht. Die Tinctionen führte ich nach dem Vorgange Strasburger's, mit Beal'schem Karmin aus.

Wegen Mangels entsprechender Hilfsmittel musste ich selbst auf den Versuch einer Bestimmung der meinen Untersuchungen zu Grunde liegenden Spirogyra verzichten. Dieser Umstand veranlasst mich, der Darstellung der gewonnenen Ergebnisse einige Angaben über die Bauverhältnisse der ruhenden Zellen meines Untersuchungsmateriales vorauszuschicken. Der Querdurchmesser der mittelst ebener Querwände verbundenen Zellen beträgt 0·055 Mm., ihre Länge im Durchschnitte 0·142 Mm. Eine die Seitenwände überziehende Gallertschicht habe ich auch an lebend untersuchten Zellen nicht wahrnehmen können. Die 4—5 rechtsgewundenen Chlorophyllbänder sind durch relativ sehr weite Abstände von einander getrennt. Aus diesem Grunde und wegen der nicht gewöhnlichen Grösse der Kerne, ist die von mir untersuchte Spirogyra für Kerntheilungsstudien ein recht günstiges Object.

---

[1] Zellbildung und Zelltheilung, III. Aufl., p. 172.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Grundform des Kernes ruhender Zellen ist die eines Cylinders mit abgeflachten oder vertieften Endflächen (Fig 1, 3, 4). Die sehr zahlreichen, oft gabelig getheilten, den Zellkern tragenden Suspensionsfäden, setzen sich der Innenseite der Chlorophyllbänder an. Ihre inneren Enden sind nicht nur dem Rande der beiden Endflächen, sondern auch der oft in kurze Fortsätze verlängerten Mantelfläche des Kernes inserirt. Die Insertion der äusseren Enden lässt eine bestimmte Beziehung zu den in regelmässigen Abständen auftretenden Amylonkernen (de Bary) nicht erkennen, es befinden sich vielmehr die Ursprungsorte der weitaus grösseren Anzahl der Suspensionsfäden an der inneren Seite der zwischen den Amylonkernen befindlichen Abschnitte der Chlorophyllbänder. [1]

Das System der Suspensionsfäden tritt mit grösster Schärfe in fixirten, ruhenden Zellen entgegen, die in reinem Wasser oder verdünntem Glycerin untersucht werden. Im concentrirteren Glycerin werden diese Bilder in kurzer Zeit sehr undeutlich.

Die längeren Zellen der Fäden, in denen später die Theilung erfolgt, zeigen anfänglich dieselben Bauverhältnisse wie die kürzeren Glieder. Aus dem Vergleiche der Fig. 1 und 33 ist sofort zu entnehmen, dass mit der Volumvergrösserung der Zellen auch die Grösse des Kerns zunimmt. In diesem, die Theilung vorbereitendem Stadium, zeigt der Kern ein deutliches Hinstreben zur Spindelform (Fig. 7, 9, 10). Das Wachsthum der Kerne und Zellen hält aber nicht immer gleichen Schritt. Man findet nämlich in Zellen, die bereits zur Länge sich theilender Glieder ausgewachsen sind, oft Kerne, deren Grösse derjenigen der Ruheform dieser Zellen entspricht (Fig. 2), und umgekehrt, bereits vergrösserte Kerne in nur wenig verlängerten Zellen (Fig. 3).

Der Zellkern führt einen einzigen, kugeligen Nucleolus. Multinucleoläre Kerne habe ich unter der grossen Zahl der durchmusterten Zellen, nur in zwei, später zu besprechenden Fällen vorgefunden. — Im Ruhestadium des Zellkernes schliesst der Nucleolus sehr häufig kleine Vacuolen ein. Die letzteren habe ich

[1] Nach Strasburger (l. c. p. 173) bietet *S. majuscula* hinsichtlich des Verlaufes der Suspensionsfäden insofern abweichende Verhältnisse dar, als bei dieser Art die äusseren Enden derselben nur an die Amylonkerne ansetzen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

mit gleicher Häufigkeit am lebenden und fixirten Materiale beobachtet.

Einen Einblick in die feineren Bauverhältnisse des Nucleolus habe ich zunächst durch die Untersuchung sehr stark tingirter, behufs stärkerer Aufhellung in Dammarharz eingeschlossener Präparate erlangt. Dabei verfuhr ich nach folgender Methode: Die mit 1% Chromsäure behandelten Fäden wurden für mehrere Stunden in Wasser gelegt, worauf Tinction mit Haematoxylin,[1] abermaliges Auswaschen und schliesslich Entwässerung in absolutem Alkohol folgte. Nach diesen vorbereitenden Proceduren wurden die Fäden mit Creosot oder Nelkenöl durchtränkt und dann in Dammarharz eingeschlossen.[2] An so hergestellten Präparaten ist bei circa 500facher Vergrösserung mit grösster Schärfe zu sehen, dass der Nucleolus keineswegs die Beschaffenheit eines homogenen Körpers besitzt, da jetzt eine dünne, auch unter

[1] Abkochung von Campecheholz in Alaunwasser, mit einem geringen Zusatze von Kupfervitriol.

[2] Für das Studium feinerer Bauverhältnisse von Kerntheilungsfiguren in pflanzlichen Gewebezellen ist der Einschluss in Dammarharz, wie ich aus eigener Erfahrung in der Lage anzugeben bin, ein ganz ausgezeichnetes, durch keine andere Behandlungsweise der Präparate zu ersetzendes Hilfsmittel. Selbstredend können nur sehr scharf tingirte Kernfiguren im Dammarharze mit Deutlichkeit hervortreten. Ich bediene mich daher bei meinen Tinctionen, des von Flemming (Archiv f. mikr. Anat., Bd. XIX, p 317 ff.) und Pfitzner (Morph. Jahrb., Bd. VII, p. 289 ff.) empfohlenen Saffranins in mit H_2O verdünnter alkoholischer Lösung. Auch im Übrigen hielt ich mich an die Angaben beider Forscher. — Für Leser der vorliegenden Schrift, denen die citirten Abhandlungen nicht zur Hand sind, will ich bemerken, dass die Herstellung der Dammarharzpräparate aus in Alkohol gehärteten Pflanzentheilen folgende Proceduren umfasst: 1. Tinction mit Saffraninlösung, 2. Behandlung mit absolutem Alkohol, um das Präparat möglichst zu entwässern und zugleich das überschüssige Saffranin aus den Zellmembranen und dem Plasma zu entfernen. — Die Kerne halten den Farbstoff mit ziemlicher Kraft zurück. 3. Durchtränkung mit Nelkenöl. — Diese Procedur darf nicht zu lange fortgesetzt werden, da auch das Nelkenöl dem Präparate Farbstoff entzieht. 4. Einschluss in Dammarharz. — Dass in solchen Präparaten das Zellnetz stark verzerrt erscheint, ist selbstverständlich. Dadurch wird aber der Werth der angegebenen Methode nicht im geringsten beeinträchtigt, zumal durch das stark lichtbrechende Einschlussmedium die Kernfiguren auch in solchen Zellen der Beobachtung zugänglich gemacht sind, bei denen wegen des Auftretens grösserer Mengen kleiner Stärkekörner der Einblick in den Inhalt sonst sehr erschwert ist.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

stärkerer Vergrösserung homogen erscheinende membranartige Begrenzung an demselben sichtbar wird, die als nicht tingirbare äussere Schicht sich um so schärfer von der inneren, tiefblau gefärbten Masse des Nucleolus abhebt. Nachdem ich das Vorhandensein dieser peripherischen Schicht erkannt habe, sehe ich dieselbe zwar mit geringerer Deutlichkeit, aber doch mit hinlänglicher Schärfe, auch an den Nucleolen mit Beal'schem Carmin tingirter Kerne in Glycerinpräparaten (Fig. 9 u. A.). Ich will diese in Carmin und Haematoxylin nicht färbbare Zone des Nucleolus als dessen Hüllhaut bezeichnen.

Die übrige Masse des Kerninhaltes entspricht ihrem Verhalten nach nicht dem sogenannten Kernsaft (R. Hertwig, Strasburger) oder der Zwischensubstanz anderer Kerne, da dieselbe mit Beal'schem Carmin eine deutliche Tinctionsfärbung annimmt. Werden die vorher mit Chromsäure behandelten Fäden durch längere Zeit der Einwirkung der Tinctionsflüssigkeit ausgesetzt, so nimmt der gesammte Kerninhalt eine gleichmässige, intensiv rothe Farbe an. In diesem Falle speichern auch das Plasma, die Chlorophyllbänder und selbst die Zellmembran den Farbstoff in bedeutender Menge auf. Daher habe ich, um störende Färbungen zu verhindern, nicht unterlassen, kleinere Proben des Materials hinsichtlich der bereits zu Stande gekommenen Tinction von Zeit zu Zeit unter dem Mikroskope zu prüfen. Wird die Tinction im richtigen Zeitpunkte unterbrochen, so erhält man Präparate, in denen nur der Kern gefärbt ist, während alle übrigen Theile der Zelle vollkommen farblos erscheinen. In diesem Falle erkennt man deutlich, dass die Hauptmasse des Kerninhaltes von einer sehr schwach lichtbrechenden, feinkörnigen Substanz besteht, deren Tinctionsvermögen von demjenigen des Nucleolus bedeutend übertroffen wird. Im ruhenden Zustande des Kernes ist dieser schwächer tingirbare Theil des Kerninhaltes gleichmässig in dem von der Kernmembran umschlossenen Innenraude des Kernes vertheilt (Fig. 9); wegen seiner geringen Dichte gewährt er ganz den Eindruck einer wässerigen Flüssigkeit, in der relativ wenige, sehr kleine Körnchen suspendirt sind.

Die Kernmembran ist am ruhenden Kerne mit seltener Deutlichkeit zu sehen. In nicht überfärbten Präparaten erscheint sie ganz farblos.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

In Fäden, die in concentrirterem Glycerin liegen, macht die Kernmembran den Eindruck eines structurlosen Häutchens. Untersucht man aber die Fäden unter circa 600facher Vergrösserung in Wasser oder verdünntem Glycerin, so sieht man bei scharfer Einstellung auf die Aussenfläche des Kernes eine eigenthümliche, meines Wissens noch nicht beschriebene Structur, die, wie der Augenschein lehrt, der Kernmembran angehört. Man sieht nämlich unter den angegebenen Verhältnissen kleine Felder auf einem stärker lichtbrechenden Grunde, und erhält so den Eindruck eines Netzes mit leeren, oder von schwach lichtbrechender Substanz erfüllten Maschenräumen. Diesen netzartigen Bau der Kernmembran habe ich in Fig. 7 darzustellen versucht. Um mir die Ausführung dieser Zeichnung zu erleichtern, habe ich die in Wirklichkeit hell durchschimmernden Maschen des Netzes durch dunkle Felder angedeutet. Es entsprechen daher in dieser Zeichnung die nicht schattirten Stellen den stärker lichtbrechenden, unter einander netzartig zusammenhängenden Partien der Kernmembran (Fig. 8). Am optischen Querschnitte gewährt die Kernmembran an günstigen Stellen ein Bild, als wäre dieselbe aus abwechselnd dichten und weichen Stäben oder Knötchen zusammengesetzt (Fig. 9). Man erhält dadurch den Eindruck einer von Porencanälen durchzogenen Membran. Die grosse Feinheit dieser Structurverhältnisse gestattet mir nicht, denselben eine bestimmte histologische Deutung zu geben. Daher lasse ich es dahingestellt, ob die hellen Felder der Oberflächenansicht wirklichen Porencanälen oder nur schwächer lichtbrechenden Stellen der Kernmembran entsprechen. Ebensowenig konnte ich zu irgend welchen Aufschlüssen hinsichtlich der Beziehungen dieser Structur der Kernmembran, zu der Anordnung der an dem Kerne sich ansetzenden Suspensionsfäden gelangen. — Die beschriebene Structur habe ich nicht nur an der Membran grösserer, sich zur Theilung anschickender Kerne, sondern mit derselben Deutlichkeit auch an den kleineren, ruhender Zellen beobachtet.

Die in Fig. 5 abgebildeten Kerne gehörten zwei Zellen eines Fadens an. Diese beiden Zellen hatten die excessive Länge von 0·52 Mm., während die Länge der übrigen Glieder — ich habe 15 derselben mit dem Ocularmikrometer gemessen — nicht über das gewöhnliche Mass hinausging. Auffallend an beiden

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Kernen ist die ungewöhnliche Grösse derselben. Ihr Bau lässt jedoch keinerlei Abweichungen vom gewöhnlichen Typus erkennen. Hingegen zeigen die in Fig. 6 *a*, *b* abgebildeten Kerne, die ich in zwei Zellen von 0·52 Mm. Länge eines anderen Fadens vorfand, wesentlich verschiedene, multinucleolären Zuständen entsprechende Bauverhältnisse. In meinem fixirten Materiale habe ich Zellen von 0·52 Mm. nie in Theilung vorgefunden. Im Zusammenhange damit, betrachte ich die ganz ungewöhnliche Länge dieser Zellen, sowie die abnorme Gestaltung ihrer Kerne, als Anzeichen eines pathologisch veränderten Zustandes.

Die in Fig. 6 dargestellten Zustände weisen unmittelbar darauf hin, dass gleichzeitig mit dem Wachsthume der Kerne Vermehrung der Nucleolen stattfindet. Da die Vorgänge, durch welche diese Veränderungen des ursprünglichen Kernbaues bewirkt werden, auf den uninucleolären Zustand des Kernes als den Ausgangspunkt naturgemäss zurückgeführt werden müssen, so können die in Fig. 5 und 6 dargestellten Befunde ohne Zwang als einer Entwicklungsreihe angehörig betrachtet werden. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, würde der in Fig. 6 *a* dargestellte Befund als Zwischenstufe anzusehen sein, die ganz ungezwungen den Übergang zwischen den bereits vergrösserten Kernen in Fig. 5 und dem in Fig. 6 *b* abgebildeten, noch weiter veränderten, vermittelt. — Die Fig. 6 *a* ist geeignet, uns zum Ausgangspunkte für das Urtheil über die intimeren Vorgänge der Nucleolenvermehrung zu dienen. Wir sehen nämlich im Kerne zwei Nucleolen von ganz verschiedener Gestalt. Der eine derselben liegt im Endstücke des Kernes, er zeigt einen länglich runden Umriss und wendet seine schmale Seite dem zweiten keulenförmigen Nucleolus zu. Diese Verhältnisse führen mich zur Vermuthung, dass beide Nucleolen auf einer etwas früheren Bildungsstufe mittelst eines schmalen Zwischenstückes mit einander verbunden waren, und dass der in diesem Stadium vorhandene Nucleolus die Gestalt eines im mittleren Theile sich stark verschmälernden Stabes oder Doppelkeule besass. Die in Fig. 6 *a* dargestellten Bildungen sind durch die Annahme einer später im mittleren Theile des verlängerten Nucleolus erfolgten Trennung, und Abrundung des einen im Endstücke des Kernes gelegenen Fragments leicht zu erklären. Eine etwas modificirte Gestalt

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

besitzt der ebenfalls keulenförmige Nucleolus in Fig. 6 *b*. Sein der Kernmitte zugewandtes Ende erscheint aber nicht, wie beim ähnlich gestalteten in Fig. 6 *a* fadenförmig verschmälert, sondern etwas verdickt. Hieraus glaube ich die Vermuthung ableiten zu dürfen, dass an der Nucleolenhälfte, die nach vollzogener Theilung die Keulenform behält, das schmälere Ende von neuem anschwillt, wodurch vor dem Eintritte der nächsten Theilung die frühere Form der Doppelkeule zunächst wieder hergestellt wird. Dieser Deutung nach würde der Nucleolus durch jede Theilung in zwei ungleichwerthige Hälften zerfallen, von denen die eine nach vollzogener Abschnürung in sich abrundet und in den Dauerzustand übergeht, während die andere theilungsfähig bleibt und bis zum Eintritte der nächsten Theilung auf Wachsthum beruhende Veränderungen erfährt. Ein wichtiger thatsächlicher Beleg für die Richtigkeit dieser Annahme würde sich, insofern es überhaupt gestattet ist denselben aus Zuständen des fixirten Materials abzuleiten, aus dem Vorkommen doppeltkeulenförmiger Nucleolen, in durch Wachsthum bereits vergrösserten Kernen ergeben. Da mir die Auffindung solcher Zustände nicht gelang, so betrachte ich das im Obigen von mir construirte Schema der Nucleolenvermehrung nur als einen vorläufigen Versuch, die nicht zahlreich genug beobachteten Zustände gewisser abnormer Kerne in eine entwicklungsgeschichtliche Reihe zu verknüpfen.

In einem einzigen Falle sah ich in einer Gliederzelle der von mir untersuchten Spirogyra-Art zwei Zellkerne, die innerhalb besonderer Systeme von Suspensionsfäden im Centrum jeder Zellhälfte aufgehängt waren. Die Länge dieser Glieder entsprach der gewöhnlichen Länge theilungsfähiger Zellen. Eine in das Lumen der betreffenden Zelle nur wenig vorspringende Ringleiste liess auf den ersten Blick erkennen, dass hier die Zelltheilung in einem relativ sehr frühen Stadium zum Abschlusse gelangte. Es war daher der zweikernige Zustand dieser Zelle das Resultat einer unvollständigen Theilung derselben. [1]

---

[1] Strasburger referirt in seinem citirten Buche, p. 183 ff. ausführlich über die bereits seit längerer Zeit bekannten, mehrkernigen Zustände der Spirogyren-Zellen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Durch die Untersuchung fixirter und unter den angegebenen Vorsichtsmassregeln tingirter Präparate gelangte ich zur Kenntniss folgender, den Theilungsvorgang betreffender Befunde:

Die erste sichtbare der Theilung vorausgehende Veränderung des Zellinhaltes besteht darin, dass das Plasma von den Seitenwänden des wie eine dickbauchige Spindel aussehenden Kernes, gegen die Pole desselben sich zurückzieht. Von diesem Stadium an bewirken von den deutlich körnigen polaren Protoplasmaansammlungen abgehende Fäden die Suspension des Kernes im Zellraume (Fig. 10).

Auf den nachfolgenden Stadien Fig. 11, 12 sind bereits Veränderungen im Kerninhalte zu sehen. Dieselben erstrecken sich aber nur auf den schwächer tingirbaren Theil des Kerninhaltes, welcher von den Endflächen und Seitenwänden des Kernes abgelöst erscheint. Wie aus den Figuren zu ersehen ist, erfolgt die stärkste Contraction des Inhaltes in longitudinaler Richtung des Kernes.

Fig. 13 zeigt die bereits erheblich veränderte Architektonik des Kernes in einem Stadium, welches der Bildung der Kernplatte unmittelbar vorausgeht. Auffällig ist zunächst die Längenabnahme des Kernes, dessen Membran jetzt an zwei, in der Längsaxe der Zelle liegenden Punkten durchbrochen erscheint. Die nicht unbeträchtliche Verkürzung des Kernes lässt sich, meines Erachtens, ungezwungen durch die Annahme erklären, dass die Resorption sich nicht allein auf die Endflächen beschränkt, sondern zum Theile auch auf die Mantelfläche der Kernmembran übergreift. Ich vermuthe daher, dass durch diesen Resorptionsvorgang von der Kernmembran zwei polare Abschnitte von kappenförmiger Gestalt abgelöst werden, welche dem Theile des Kernes entsprechen, aus dem in einem früheren Stadium, der Inhalt sich bereits vollständig zurückgezogen hat.

Im Stadium Fig. 13 ist der Kerninhalt an den Polen durch die beiderseits auftretenden Plasmaansammlungen nach Aussen abgeschlossen. An den Stellen, wo die Kernmembran am weitesten vom Inhalte absteht, ist der netzartige Bau derselben, unter bereits angegebenen Umständen, mit der grössten Deutlichkeit zu sehen. Auf dem in näheren Betracht kommenden Stadium ist der schwächer tingirbare Theil des Kerninhaltes, als körnige Substanz nicht mehr

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sichtbar. Dafür treten zu beiden Seiten des Nucleolus, zwischen diesem und den beiden offenen Kernpolen, fädige Gebilde auf. Es sind dies die in diesem Stadium sichtbar gewordenen, in nicht tingirten Präparaten stark glänzenden Spindelfasern. Der gestreifte Theil des Kerninhaltes lässt eine deutliche Tinctionsfärbung wahrnehmen, die hinsichtlich ihrer Intensität völlig derjenigen der früher vorhandenen feinkörnigen Kernmasse entspricht. Auf dem Stadium Fig. 13 ist die Hüllhaut des Nucleolus nicht mehr am ganzen Umfange desselben sichtbar. Wie aus dieser Figur zu ersehen ist, tritt dieselbe in Folge partieller Resorption nur auf den der Seitenwand des Kernes zugekehrten Punkten des Nucleolus auf. Die Hüllhaut stellt daher jetzt einen flachen, an den beiden Endflächen offenen Hohlcylinder dar, an dessen Basalflächen die tingirbare Substanz des Nucleolus in unmittelbarem Contact mit den inneren Enden der Spindelfasern sich befindet.

Als ich den in Fig. 13 dargestellten Befund zum ersten Male zeichnete, gewährte die intensiv gefärbte innere Masse des Nucleolus vollständig das Aussehen einer homogenen Substanz. Das betreffende Präparat blieb durch längere Zeit dem Lichte exponirt, unbenützt liegen. Dadurch wurde die frühere Tinctionsfärbung fast gänzlich verwischt, und es erschien bei der von Neuem vorgenommenen Untersuchung der innere Theil des Nucleolus fast ganz farblos. Die genauere Betrachtung des Nucleolus im entfärbten Zustande führte mich zur sicheren Erkenntniss eines Structurverhältnisses seines tingirbaren Theiles, welches früher, als mir nur das tingirte Präparat vorlag, völlig meiner Beobachtung entging. Ich erkannte nämlich nachträglich mit der grössten Deutlichkeit an der entfärbten inneren Masse des Nucleolus eine Structur, die sich aus einer Differenzirung derselben in distinct unterscheidbare Partien verschiedenen Lichtbrechungsvermögens ergibt. Diese Differenzirung besteht darin, dass eine optisch dichtere, die äussere Begrenzung der früher tingirten Masse bildende Substanz, sich ein den Nucleolus durchziehendes Gerüst fortsetzt, welches im optischen Durchschnitte die Gestalt eines enge, rundliche Maschenräume einschliessenden Netzes besitzt. Die aus der beschriebenen Vertheilung der dichteren Substanz resultirenden Zwischenräume sind von schwächer licht-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

brechender Substanz erfüllt. Um mir die bildliche Darstellung dieser Verhältnisse zu erleichtern, habe ich beim Entwurfe der Fig. 13 die in Wirklichkeit hell durchschimmernden Maschenräume durch die dunkel schattirten Stellen angedeutet. — Die beschriebene Structur darf absolut nicht als der optische Ausdruck einer noch auf diesem Stadium vorhandenen Vacuolisirung gedeutet werden. Dagegen spricht auf das Entschiedenste die leicht zu constatirende Thatsache, dass zwischen der die Vacuolen bildenden Substanz und derjenigen der inneren Masse des Nucleolus im Ruhestadium ein viel grösserer Unterschied hinsichtlich der Dichte vorhanden ist, als zwischen den dichten und weichen Partien auf dem Stadium Fig. 13. Ferner werden, wie die grosse Anzahl von mir beobachteter Einzelfälle lehrt, durch die Vacuolisirung bedingte Structuren der Nucleolen durch die Tinction nie verwischt, es treten vielmehr die Nucleolen mit ganz gleicher Schärfe, sowohl in gefärbten als nicht tingirten Präparaten hervor. Es ist daher nicht denkbar, dass die Structur, die ich erst nach erfolgter Entfärbung des Präparates wahrnehmen konnte, mit Differenzirungen zusammenhängen würde, die in früheren Stadien in der Vacuolisirung ihren optischen Ausdruck finden. Ich muss vielmehr annehmen, dass in dem Stadium Fig. 13 sowohl die dichten als auch weichen Partien der inneren Masse des Nucleolus aus tingirbarer Substanz bestehen. Die Gleichartigkeit des Verhaltens dürfte ohne Schwierigkeit das homogene Aussehen dieses Theiles des Nucleolus im tingirten Zustande erklären.

Die von Strasburger so gründlich beobachteten und zugleich sehr eingehend geschilderten Vorgänge, welche zur Anlage der bekanntlich als Ringleiste hervortretenden Scheidewand führen, beginnen gleichzeitig mit den eben beschriebenen Veränderungen des Kernes.

Die Fig. 14 und 15 zeigen die in sämmtlichen Theilen bereits angelegte, innerhalb der an den Polen durchbrochenen Kernmembran liegende Kernspindel. Ihre Kernplatte besteht aus dichtgelagerten, stäbchenförmigen Elementen, welche den cylindrischen, von der Hüllhaut umschlossenen Raum continuirlich durchziehen. In Fig. 14 erscheint die Kernspindel von der immer noch netzartig areolirten Kernmembran nur locker umschlossen;

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

in diesem Falle war daher die äquatoriale von der Hüllhaut gebildete Begrenzung der Kernplatte mit der grössten Deutlichkeit zu sehen. Die als gerade Stäbchen erscheinenden Kernplattenelemente nehmen eine sehr intensive Tinctionsfärbung an. Der Hüllhaut entsprechen in diesem Stadium, auf der optischen Durchschnittsansicht, zwei gegen einander schwach bogenförmig gekrümmte, farblose Stäbchen (Fig. 14).

Die Fig. 16 und 17 stellen Zustände dar, die nach vollendeter Ausbildung der Kernplattenhälften beim Beginn des Auseinanderweichens derselben vorhanden sind. Auf dem in Rede stehenden Stadium erscheinen die beiden Kernplattenhälften durch enge, ganz farblos erscheinende Spalten von einander getrennt. Eine deutliche Tinctionsfärbung zeigen die beiden Kernplattenhälften und die zwischen diesen und den offenen Kernpolen befindlichen Theile der Spindel, die letzteren, entsprechend dem Verhalten der früheren feinkörnigen Masse, allerdings in viel schwächerem Grade als die ersteren.

In Fig. 16 erscheint die der Kernspindel dicht anliegende Kernmembran in Falten gelegt. Aus den in Fig. 17 dargestellten Verhältnissen geht hervor, dass in diesem Stadium der zwischen beiden Kernplattenhälften vorhandene Zwischenraum nach Aussen durch die Hüllhaut abgeschlossen wird. Dies war mit der grössten Schärfe an dem in der Figur oberen Rand der Kernplatte zu sehen, über den die an dieser Stelle wahrscheinlich nur zufällig abgehobene Kernmembran, auf der Durchschnittsansicht, in einem nach Aussen convex gekrümmten Bogen verläuft.

Etwas weiter vorgerückte Theilungsstadien bringen die Fig. 18 und 19 zur Anschauung. Die Verbindungsfäden durchziehen einen cylindrischen, im Aequator etwas erweiterten Raum zwischen beiden, in Fig. 19 aus deutlichen stäbchenförmigen Elementen zusammengesetzten Kernplattenhälften. Diesem Zwischenraume sind die letzteren als Endflächen angesetzt. Seine Mantelfläche wird von einer nicht tingirbaren Membran gebildet, die nur als der durch Wachsthum vergrösserte, nicht resorbirte Theil der Hüllhaut des früheren Nucleolus gedeutet werden kann. In dieser Auffassung bestärkt mich namentlich der in Fig. 18 abgebildete Zustand, der auf den ersten Blick mit hinlänglicher Sicherheit erkennen lässt, dass auf dem in Betracht kommenden

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Stadium sowohl die Kernmembran als auch ein Theil der Hüllhaut des früheren Nucleolus noch vorhanden sind. Im abgebildeten Falle erscheinen beide membranösen Bildungen durch einen zwar kleinen, aber nichtsdestoweniger deutlich sichtbaren Zwischenraum von einander getrennt. Fig. 19 zeigt analoge Verhältnisse, jedoch nur im oberen Theile. Auf der Durchschnittsansicht der in Fig. 18 und 19 abgebildeten Zustände tritt der der Kernmembran entsprechende Contour an den beiden polaren Endstücken der Kernspindel mit grösserer Schärfe, als über dem von den Verbindungsfäden durchzogenen Zwischenräumen hervor. Dies könnte auf eine im gleichen Schritt mit der Verlängerung der Kernfiguren in centrifugaler Richtung fortschreitende Verringerung des früheren Lichtbrechungsvermögens oder Verdünnung des mittleren Theiles der Kernmembran zurückgeführt werden.

Anlangend die Tinctionsverhältnisse der Kernfigur in den Stadien Fig. 18 und 19 will ich bemerken, dass der fädig differenzirte Theil derselben zu beiden Seiten der Kernplattenhälften eine röthliche Färbung annimmt. Der von den Verbindungsfäden durchzogene Mittelraum erscheint in manchen Präparaten völlig farblos, in anderen hingegen sehr schwach tingirt; im letzteren Falle ist jedoch die Tinction eine auffällig schwächere als in den gestreiften Aussentheilen der Kernfigur. Diese in sehr prägnanter Weise zum Ausdruck gelangenden Differenzen des Tinctionsvermögens können, mit Rücksicht auf das sonstige Verhalten der Spindelfasern, wohl kaum durch die Annahme einer Verschiedenheit der stofflichen Zusammensetzung ihrer polaren Enden und ihrer als Verbindungsfäden zwischen den Kernplattenhälften ausgespannten mittleren Theile erklärt werden. Es werden die angegebenen Verschiedenheiten des Verhaltens vielmehr leichter verständlich durch die Annahme, dass auf den Stadien Fig. 18 und 19 gleichwie auf sämmtlichen vorhergehenden, die bis zum Auftreten der Spindelfasern zurückreichen, zusammen mit den polaren Enden der Spindelfasern, noch schwach tingirbare Substanzen in wahrscheinlich homogenem Zustande auftreten, die dem früheren feinkörnigen Theile des Kerninhaltes entstammen. Dass der mittlere Theil der Kernfigur auf den Stadien des Auseinanderrückens der beiden Kernplattenhälften eine nur sehr schwache oder selbst gar keine

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Tinctionsfärbung besitzt, dürfte sich mit hinlänglicher Sicherheit daraus erklären, dass auf diesen durch die Fig. 18 und 19 repräsentirten Entwicklungsstufen die Ueberreste der früheren feinkörnigen Kernmasse in dem engen Raume zwischen der Hüllhaut und der Kernmembran, nur in einer bedeutend geringeren Menge, als innerhalb der polaren Theile der Kernfigur auftreten können.

Dem nun folgenden, in Fig. 20 abgebildeten Stadium entspricht folgender Thatbestand:

Die Kernfigur besteht aus einem kugeligen Mittelstücke, welches mit zwei diametral gegenüberliegenden, kegelstutzförmigen, von den polaren Enden der Spindelfasern resp. Verbindungsfäden durchzogenen Anhängen versehen ist. Die Letzteren sind nach Innen durch die beiden scheibenförmigen Kernanlagen abgeschlossen. Gegenüber früheren Stadien erscheint die Distanz zwischen beiden Kernanlagen etwas vergrössert. Entsprechend den vorhergehenden Stadien befindet sich die Kernfigur in einem Hohlraume, dessen Mantelfläche von einer membranösen Hülle gebildet wird. Auf die in den Fig. 18 und 19 dargestellten Befunde mich stützend, muss ich annehmen, dass diese Hülle, insoweit dieselbe dem mittleren, kugelig erweiterten Theile der Kernfigur angehört, aus zwei miteinander verwachsenen oder vielleicht nur bis zur gegenseitigen innigen Berührung genäherten Blättern besteht, von denen das äussere vom mittleren Theile der Kernmembran, das innere von der weiter entwickelten Hüllhaut des Nucleolus gebildet wird. Dieser, meiner Auffassung nach, aus zwei heterogenen Bestandtheilen hervorgehende Theil der membranösen Hülle wird noch durch die Verbindungsfäden verstärkt, welche im kugeligen Mitteltheile sich ausbreitend, der Innenseite der diesen einschliessenden Membran sich dicht anlegen, und wahrscheinlich mit dieser verwachsen. — Um weitläufige Umschreibungen zu vermeiden, will ich die membranösen zwischen beiden Kernanlagen auftretenden Bildungen, einschliesslich der ihnen sich anlegenden Fäden als Verbindungsschlauch bezeichnen.

Ausser der feinen Streifung, die durch den Verlauf der Verbindungsfäden bedingt wird, habe ich am Verbindungsschlauche keinerlei sonstige Structuren bemerkt. Hieraus schliesse ich, dass der mittlere Theil der Kernmembran, aus dem das äussere Blatt

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

des Verbindungsschlauches hervorgeht, eine mit der Hüllhaut übereinstimmende homogene Beschaffenheit besitzt.

Die membranöse Hülle der schmalen Seitentheile der Kernfigur betrachte ich als eine Fortsetzung des äusseren Blattes des Verbindungsschlauches.

Der Inhalt des Verbindungsschlauches wird von einer Flüssigkeit gebildet, die hinsichtlich ihrer Zusammensetzung wahrscheinlich derjenigen des Zellsaftes entspricht.

In tingirten Präparaten erscheint der kugelige Mitteltheil stets völlig farblos. Im Gegensatze zu diesem Verhalten lassen die gestreiften Seitentheile noch immer eine schwache Tictionsfärbung erkennen.[1]

In dem folgenden Stadium Fig. 21 hat sich die Distanz zwischen den beiden Kernanlagen etwas vergrössert; in fast gleichem Verhältnisse erscheinen die gestreiften, noch immer schwach tingirbaren Seitentheile etwas verkürzt. Zugleich hat der Mitteltheil der Kernfigur eine länglich-ovale Form angenommen. Im Aequator des Verbindungsschlauches sind die Verbindungsfäden nicht mehr sichtbar.

Auf dem Stadium Fig. 22 erscheinen die vorhin beschriebenen Verhältnisse insofern geändert, als die polaren, den Protoplasmaansammlungen sich ansetzenden Endstücke der Spindelfasern nicht mehr sichtbar sind. Der Verbindungsschlauch besitzt die Gestalt einer verlängerten Tonne, deren Endflächen von den auf diesem Stadium bereits differenzirten jungen Kernen gebildet werden. Die beiden, jeder Hälfte des Verbindungsschlauches angehörigen Streifensysteme und die polaren, den Kernen anliegenden Plasmaansammlungen sind noch mit Deutlichkeit sichtbar. Die noch auf dem unmittelbar voraufgehenden Stadium zwischen den polaren Enden der Spindelfasern nachweisbaren tingirbaren Substanzen sind jetzt nicht mehr vorhanden, und es treten dieselben von dem Stadium Fig. 22 an in den sich theilenden Zellen nur als Kernbestandtheile auf.

Das Stadium Fig. 23 schliesst sich eng an den vorigen Befund an. Die früheren Verhältnisse erscheinen jedoch durch die Grössenzunahme der Kerne und des vom Verbindungsschlauche umschlossenen Hohlraumes etwas modificirt. Die Grösse des Aequators des Verbindungsschlauches differirt nur wenig von

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

derjenigen des inneren Umfanges des von der ringleistenförmigen Scheidewand gebildeten Diaphragmas.

Die den beiden Kernen anliegenden Protoplasmamassen zeigen ein auf Streifung beruhendes Structurverhältniss, welches, wie die Vergleichung vorhergehender und späterer Stadien ergibt, nur der in Fig. 23 gegebenen Entwicklungsstufe eigenthümlich ist.

In den Fig. 24, 25 und 26 haben wir Stadien vor uns, in denen die Einschnürung des Verbindungsschlauches durch die wachsende Scheidewand bewirkt wird. Die im verschmälerten Theile des Schlauches in Fig. 24 und 25 sichtbare Streifung entspricht wahrscheinlich nur Längsfalten dieser membranösen Hülle.

In dem in Fig. 27 gegebenen Stadium erscheint der noch stärker verschmälerte Verbindungsschlauch als ein enges, an einer Stelle etwas erweitertes Rohr, welches continuirlich zwischen beiden Tochterkernen durch das bereits sehr enge Diaphragma der Scheidewand verläuft.

Aus den Verhältnissen, die mit hinlänglicher Deutlichkeit in der Umgebung des Diaphragmas zu sehen sind, ziehe ich den Schluss, dass in diesem Stadium das die nach Innen wachsende Scheidewand bedeckende Plasma sich auch auf die äussere Oberfläche des Verbindungsschlauches fortsetzt und einen diesen einhüllenden, jedenfalls sehr dünnen Beleg bildet, der, wie ich vermuthe, mit der Plasmalage zusammenhängt, von der das bereits vollständiger ausgebildete System von Suspensionsfäden des Zellkernes entspringt. Das wichtigste Resultat der im Stadium Fig. 27 zu Stande gekommenen Veränderungen wäre demnach die Aufnahme des Verbindungsschlauches in das Protoplasma der beiden noch mit einander communicirenden Tochterzellen.

Die Fig. 28 entspricht dem Stadium kurz nach vollendeter Theilung der Mutterzelle. Die beiden Tochterkerne sind an zahlreichen den Seitenwänden, und je einem dem Wandprotoplasma der Scheidewand sich ansetzenden Strängen aufgehängt. Die topographischen Verhältnisse weisen mit Sicherheit auf bestimmte Beziehungen der gegen einander gerichteten Stränge zum früheren Verbindungsschlauche, resp. dessen protoplasmatischer Umhüllung hin. Zwischenstadien zwischen Fig. 27 und 28 hatte ich nicht die Gelegenheit zu beobachten; ich kann mich daher über

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

die Herkunft dieser beiden Stränge nur vermuthungsweise aussprechen. Ich nehme an, dass dieselben das nach Resorption des Verbindungsschlauches zurückbleibende Plasma darstellen, welches auf dem ersteren im nächstvorhergehenden Stadium als eine dünne Hülle ausgebreitet war.

Das Verhalten des Verbindungsschlauches bis zur vollendeten Resorption desselben habe ich an meinen Präparaten nicht verfolgen können; dies dürfte vielleicht mit dem raschen Verlauf der betreffenden Vorgänge zusammenhängen. Auch über das Verhalten der beiden, nach vollendeter Theilung noch eine Zeitlang sichtbaren, gegen einander gerichteten Suspensionsfäden habe ich nichts Näheres ermitteln können, und ich lasse es dahingestellt, ob dieselben sich in das Plasma zurückziehen oder, indem sie an der Querwand fortgleiten, unter die übrigen Suspensionsfäden eingeordnet werden.

Im Stadium der eben vollendeten Theilung besitzen die Tochterkerne eine rundliche Form (Fig. 28). Mit beginnendem Längenwachsthum erfahren die beiden Tochterkerne ziemlich übereinstimmende Veränderungen, indem dieselben, wie aus den in Fig. 29 dargestellten Kernen zweier Schwesterzellen zu ersehen ist, zunächst scheibenförmig werden. Die Orientirung solcher Kerne ist stets eine derartige, dass ihre längere Axe senkrecht zur Wachsthumsaxe der betreffenden Zellen gerichtet ist. Aus dem Vergleiche der Befunde in Fig. 28 und 29 ist zu entnehmen, dass die Gestaltsveränderung des Kerns sich auch auf den Nucleolus erstreckt.

Auf etwas späteren Stadien nimmt der Nucleolus wieder die Kugelform an (Fig. 30 und 31). Die übrige Kernmasse erscheint aber nicht gleichmässig um denselben vertheilt, sondern auf der Durchschnittsansicht durch tiefe, oft bis zum Nucleolus vordringende Einschnitte, in mehrere Lappen gespalten, deren schmalen Enden sich die Suspensionsfäden ansetzen. Dadurch gewinnt der Kern das Aussehen eines amöboiden Gebildes. Die Frage, ob diese Gestaltung der Kerne mit einer wirklichen amöboiden Formveränderung dieser Kerne zusammenhängt, wäre aus naheliegenden Gründen, auch durch die Beobachtung lebender Zustände dieser Art, kaum zu entscheiden.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Ausbildung der typischen kurzcylindrischen Ruheform des Kernes erfolgt bereits in Stadien, in denen die Scheidewand, deren Dicke etwas zugenommen hat, der Membran der Mutterzelle unter noch scharfen Winkeln angesetzt erscheint.

Nicht unerwähnt kann ich die Thatsache lassen, dass die Tinctionsverhältnisse der Tochterkerne, während ihrer Entwicklung, eine Veränderung erfahren. Es ist nämlich in sämmtlichen Stadien, denen die Fig. 22—31 entsprechen, die am ruhenden Kerne so auffallende Verschiedenheit hinsichtlich der Tinctionsfähigkeit der Nucleolen und des feinkörnigen Theiles des Kerninhaltes gar nicht vorhanden. Auf den angegebenen Entwicklungsstufen nehmen vielmehr diese beiden Componenten des Kerninhaltes fast die gleiche Tinctionsfärbung an, so dass unter Umständen am tingirten Präparat der Nucleolus nur sehr schwierig wahrgenommen wird. Ich begnüge mich damit, diese Differenzen des Verhaltens ruhender und noch in Entwicklung begriffener Kerne angedeutet zu haben, ohne dieselben einem Erklärungsversuche zu Grunde zu legen, da dieser, in Ermanglung sonstiger thatsächlicher Belege, wohl kaum zu einem anderen Ergebnisse, als einer weitläufigen Discussion hypothetischer Annahmen und Möglichkeiten führen müsste.

Hiermit bin ich mit der Beschreibung mir zugänglich gewesener Theilungsstadien des Kernes am Ende angelangt. Es erübrigt mir nun, im Anschlusse an die geschilderten Vorgänge die Frage zu erledigen, inwieweit die berichteten Beobachtungen eine mit den Anschauungen anderer Forscher übereinstimmende oder von diesen abweichende Deutung zulassen. Die von mir gewonnenen Ergebnisse können jedoch ihrer Natur nach nicht mit allen Fragen, die mit karyokinetischen Vorgängen überhaupt zusammenhängen, in nähere Beziehung gebracht werden. Im Nachfolgenden glaube ich daher von einer eingehenderen Berücksichtigung der gesammten vorhandenen Literatur absehen zu dürfen.

Aus lebend beobachteten Zuständen, die bei *Spirogyra majuscula* der Bildung der Kernplatte vorausgehen, zieht Strasburger den Schluss, dass die ganze Kernsubstanz zur Bildung

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der Kernplatte verwendet wird, während das an den Polen des sich theilenden Kernes angesammelte Protoplasma gegen die letztere vordringt um sich zu Spindelfasern zu differenziren. [1] In der betreffenden Darstellung Strasburgers vermisse ich jedoch beweiskräftige Belege aus der mit Sicherheit die unmittelbaren genetischen Beziehungen der Spindelfasern zum Zellplasma abgeleitet werden könnten. Ich vermuthe daher, dass Strasburger zu seiner Ansicht über die Natur der Spindelfasern bei *S. majuscula* nicht auf anatomischer Basis gelangte, sondern durch die bei anderen Objecten gewonnenen theoretischen Anschauungen geführt wurde. — Mit grösserer Sicherheit lassen sich die von Strasburger bei *Spirogyra nitida* ermittelten und dargestellten Befunde, im Sinne seiner die Natur der Spindelfasern betreffenden Anschauungen deuten. [2]

Was nun meine Untersuchungen anbetrifft, so glaube ich, dass die von mir ermittelten Tinctionsverhältnisse der Kernspindel auf Stadien, die der Differenzirung der Kernplattenhälften vorausgehen, als ein die Ansicht Strasburger's bestätigendes Moment angesehen werden dürfen. Zur Erklärung der früher beschriebenen Verschiedenheiten des Verhaltens bietet sich uns nämlich nur eine einzige Möglichkeit dar. Diese besteht in der Annahme, dass im Stadium der Bildung der Kernspindel und auch später, der schwächer tingirbare Theil des Kerninhaltes in den beiden Endstücken der ersteren noch vorhanden ist. Die Differenzirung des Kernes im Stadium der Spindelbildung wäre also darauf zurückzuführen, dass zu den früheren Bestandtheilen des Kerninhaltes noch fädige, aus dem Protoplasma der Zelle hervorgehende Gebilde als Spindelfasern hinzutreten.

Ich finde daher in meinen Befunden eine Stütze für die von Strasburger vertretene Auffassung der Spindelfasern als plasmatischer Gebilde, welcher Flemming [3], wie ich jetzt einsehe, mit Unrecht nur den Werth einer Hypothese beilegt.

---

[1] Zellbildung und Zelltheilung, III. Aufl., p. 175.

[2] Zellbildung und Zelltheilung, III. Auflage, pag. 184 ff. Fig. 27 bis 30, XI.

[3] Archiv f. mikr. Anat. 20. Bd., I. Hft., p. 76.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Hinsichtlich der Deutung, die ich meinen Befunden gebe, befinde ich mich noch im Einklange mit Soltwedel's [1] Ansichten über die Natur der Spindelfasern. Dieser Forscher betrachtet die Spindelfasern nicht als massive Stäbe, sondern als Röhren, innerhalb welcher die Kernsubstanz beim Auseinanderweichen der Kernplattenhälften sich bewegt. Seine Ansicht über die Herkunft der Spindelfasern will ich hier mit seinen eigenen Worten wiedergeben: „Ich denke mir, dass die Spindelfasern aus dem umgebenden Protoplasma gebildet sind, indem dieses, sobald es an die primitive Spindel hinantritt, die einzelnen Elemente derselben mit einer dichten Hautschicht umgibt.“ [2]

Zacharias bemerkt in einer nachträglichen Anmerkung zu seinem Aufsatze über die Spermatosoiden in der Botanischen Zeitung, 1881, Sp. 852, Folgendes: „Nach Abschluss der vorstehenden Arbeit gelang es mir, bei der Untersuchung der Kerne von Pollenmutterzellen im ruhenden Kerne ausser dem Nucleïn eine Substanz nachzuweisen, welche in ihren Reactionen mit den Spindelfasern übereinstimmt. Aus dieser Substanz, nicht aus dem Protoplasma der Zelle, gehen die Spindelfasern hervor, wie demnächst eingehender gezeigt werden soll.“ Ich finde in dieser Mittheilung keine begründete Veranlassung, die vorhin ausgesprochene Beziehung der Spindelfasern zum Protoplasma aufzugeben. Bei der von mir untersuchten *Spirogyra*-Art reicht nämlich der gesammte, im Ruhestadium des Kernes vorhandene schwächer tingirbare Theil des Kerninhaltes, in quantitativer Beziehung augenscheinlich zur Bildung der vor dem Zerfalle des Nucleolus bereits sichtbaren Spindelfasern nicht aus, zumal ein sehr grosser Theil desselben noch auf späteren Stadien als tingirbarer Bestandtheil in der Kernspindel nachweisbar ist, und der Substanzgehalt des Kernes, wie dies die Betrachtung der betreffenden Objecte lehrt, mit dem Eintritt des Stadiums Fig. 13 offenbar zunimmt. Mit dieser Auffassung, die ich mit specieller Einschränkung auf das von mir untersuchte Object hier ausspreche, will ich jedoch keineswegs der Möglichkeit, dass in anderen Fällen die Spindel-

[1] Freie Zellbildung im Embryosack der Phanerog. mit besonderer Berücksichtigung der hierbei stattfindenden Vorgänge der Kerntheilung. Jenaische Zeitsch. f. Naturw., Bd. XV, N. F. VIII, 1881.

[2] L. c. p. 372, 373.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

fasern aus Stoffen hervorgehen, die in irgend einer Weise im ruhenden Kerne vertheilt sind, entgegentreten, da es ja denkbar ist, dass bei diesen Vorgängen eine schematische Regelmässigkeit nicht eingehalten wird. Wäre dies thatsächlich der Fall, so könnten sich die Verschiedenheiten des Verhaltens daraus ergeben, dass in einigen Fällen die Bildung der zum Aufbau der Spindelfasern nöthigen Substanzen aus dem Protoplasma erst im Stadium der beginnenden Kerntheilung erfolgt, während in anderen Fällen die Substanzen, aus denen die Spindelfasern hervorgehen, bereits früher dem Kerninhalte einverleibt werden.

Nachdem ich mich im Sinne der von Strasburger vertretenen Ansicht für die plasmatische Natur der Spindelfasern ausgesprochen habe, kann ich dem bei der Bildung der Kernspindel nicht verbrauchten Rest der tingirbaren Substanz des Mutterkernes keine andere Bedeutung zuerkennen, als die eines zur Ernährung der Tochterkerne bestimmten Materials.

Nach Strasburger[1] zeigen *Spirogyra majuscula* und *nitida* hinsichtlich der Structur des an den Endflächen des Kernes und späterhin an den Spindelpolen angesammelten Plasmas übereinstimmende Verhältnisse, indem in beiden Fällen an diesem eine Streifung zu erkennen ist. Da bei der von mir untersuchten Art diese Structur erst in einem relativ sehr späten Theilungsstadium des Kernes sichtbar wird und nur als rasch vorübergehende Bildung auftritt, so ergibt sich hieraus eine nicht unwesentliche Abweichung von den analogen Vorgängen bei *S. majuscula* und *nitida*.

Nach Strasburger's[2] Angabe nimmt bei *Spirogyra nitida* der Nucleolus in dem die Theilung vorbereitenden Stadium eine körnige Beschaffenheit an. Wenn ich diesen Befund Strasburger's mit Zuständen in Verbindung bringe, denen meine Fig. 13 entspricht, so gelange ich zur Schlussfolgerung, dass die Bildung der Kernplatte das Resultat eines Differenzirungsvorganges ist, durch den die ursprünglich homogene Substanz des Nucleolus verändert wird. Obwohl diese Veränderungen in sehr engen Grenzen eingeschlossen bleiben, so lassen dieselben dennoch einen

[1] Zellbildung und Zelltheilung, p. 174, 185.

[2] L. c. p. 184.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Anschluss an die bekannten, viel complicirteren, der Theilung vorausgehenden Differenzirungsvorgänge anderer Kerne erkennen.

Der Umstand, dass die Spindelfasern vor dem Erscheinen der Kernplatte beiderseits an den Nucleolus ansetzen, weist unmittelbar darauf hin, dass die anfänglich in zwei gesonderten Systemen auftretenden Spindelfasern erst nachträglich mit ihren inneren in centripetaler Richtung fortwachsenden Enden verwachsen. In dieser Auffassung des betreffenden Vorganges befinde ich mich wieder in Übereinstimmung mit Strasburger.[1]

Aus den Fig. 14 und 15 ist zu ersehen, dass die Kernplatte aus dicht neben einander liegenden stäbchenförmigen Elementen besteht, die continuirlich durch die ganze Dicke derselben sich erstrecken. Da die in Fig. 16 und 17 abgebildeten Zustände der Kernplatte nur einem späteren Stadium angehören können, so ergibt sich daraus die volle Übereinstimmung des Baues der Kernspindel mit dem von Strasburger aufgestellten Typus, dessen Hauptcharakter bekanntlich eine einfache, sich erst nachträglich mit Aequator spaltende Kernplatte bildet.[2]

Die in Fig. 14 und 15 abgebildeten Zustände können wegen der äquatorialen Continuität der Kernplattenelemente mit keiner einzigen Phase des von Flemming[3] aufgestellten Kerntheilungsschemas in Deckung gebracht werden. Ich kann daher diesem Schema auf Grund der vorliegenden Daten nur eine relative, auf einzelne Fälle eingeschränkte Geltung einräumen.

Das Verhalten der Verbindungsfäden bei beiden von Strasburger letzthin untersuchten *Spirogyra*-Arten[4] lässt nur wenig Übereinstimmung erkennen. Bei *Spirogyra majuscula* wird die Verbindung zwischen den beiden auseinanderrückenden Kernanlagen durch frei im Zellraume verlaufende, nach aussen vorgewölbte Fäden hergestellt, die schliesslich mit dem Plasmaringe der nach Innen wachsenden Scheidewand zusammentreffen. Bei

---

[1] Zellbildung und Zelltheilung, III. Aufl., p. 330.

[2] L. c. p. 332.

[3] Archiv f. mikr. Anat. Bd., XVI, p. 364 ff.; Bd. XVIII, p. 195. ff.

[4] Strasburger gibt an (Zellbild. u. Zellth., III. Aufl., p. 187), dass die von ihm früher an Alkoholpräparaten untersuchte Sp. *orthospira Naeg.*, bei der Theilung sich ganz wie Sp. *majuscula* verhält.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

weiterem Vordringen der Letzteren verringert sich das Krümmungsmass der Verbindungsfäden; sie rücken näher an einander und bilden einen fast ganz geschlossenen Hohlcylinder.[1] Für *Sp. nitida* gibt Strasburger an,[2] dass die Verbindungsfäden zwischen den auseinanderweichenden Kernhälften nicht seitlich auseinandergehen, sondern in der Regel zu einem einzigen Strange verschmelzen, welcher an der Innenfläche der beiden Kernanlagen inserirt erscheint. Nach erfolgter Differenzirung der Tochterkerne wölbt sich der Verbindungsstrang nach Aussen, bis er den Plasmaring der vordringenden Scheidewand erreicht.

Kehren wir nun zu unseren Befunden zurück, so finden wir, dass die von mir untersuchte Art hinsichtlich der inneren Bauverhältnisse der Zellen in den Stadien des Auseinanderrückens der Kernplattenhälften, sich an keine der beiden von Strasburger untersuchten Arten anschliesst. Die Differenzen sind hauptsächlich dadurch bedingt, dass die Ausbreitung der Verbindungsfäden in einem Binnenraume der Zelle zu Stande kommt, der nach Aussen von einer membranösen Hülle und den beiden Tochterkernen, resp. deren Anlagen, abgeschlossen wird.

Diese aus der Vergleichung nur weniger Fälle sich ergebenden Differenzen lassen von vornherein vermuthen, dass mit den bisher ermittelten Einzeldaten die Reihe der innerhalb des betreffenden Formenkreises vorkommenden Modificationen des inneren Baues der Zellen, in späteren Theilungsstadien, noch nicht erschöpft ist. Darüber werden Untersuchungen, die ich in günstiger Jahreszeit in Angriff zu nehmen gesonnen bin, zu entscheiden haben.

---

[1] Zellbildung und Zelltheilung, p. 182.

[2] L. c. p. 185.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Erklärung der Figuren.

Spirogyra sp.

Sämmtliche Figuren wurden, mit Ausnahme der schematischen Darstellung in Fig. 8, nach 1% Chromsäure-Präparaten mit Hilfe der *Camera lucida* entworfen. Die Fig. 1—6, 32 und 33 sind 450 mal, die Fig. 7—31, 657 mal vergrössert. Numerirung fortlaufend.

Fig. 1. Ruhende Zelle mit kurzcylindrischem Kern.

Fig. 2. Verlängerte Gliederzelle mit noch unverändertem Kern.

Fig. 3. Bereits verlängerter Kern in einer kurzen Gliederzelle.

Fig. 4 *a—d*. Ruhende Kerne mit den inneren Enden der ihnen anhängenden Suspensionsfäden.

Fig. 5 *a*, *b*. Vergrösserte Kerne aus sehr langen Gliederzellen.

Fig. 6 *a*, *b*. Multinucleoläre Kerne aus sehr stark verlängerten Zellen.

Fig. 7. Normaler Kern vor der Theilung. Oberflächenansicht. Die Kernmembran zeigt eine netzartige Areolirung.

Fig. 8. Schematische Darstellung des Baues des Kernmembran in der Oberflächenansicht. Vergl. Text p. 5.

Fig. 9. Normaler Kern vor der Theilung. Durchschnittsansicht. Am Nucleolus ist die Hüllhaut (vergl. Text p. 4) sichtbar. Die Membran zeigt abwechselnde hellere und dunklere Stellen, entsprechend den Verhältnissen in Fig. 7.

Fig. 10. Retraction des Protoplasmas von der Mantelfläche des Kernes gegen seine Endflächen.

Fig. 11, 12. Contraction der feinkörnigen Masse des Kerninhaltes.

Fig. 13. Stadium der Durchbrechung der Kernmembran an den beiden polaren Enden, und Auftreten der Spindelfasern in zwei durch den Nucleolus getrennten Systemen. Die optische Durchschnittsansicht des Nucleolus lässt einen netzartigen Bau seiner inneren Masse erkennen. Die Hüllhaut des Nucleolus stellt einen an den Polen geöffneten Hohlcylinder dar.

Fig. 14, 15. Kernspindeln. Vergl. Text p. 10, 11.

Fig. 16, 17. Beginnendes Auseinanderweichen der Kernplattenhälften.

Fig. 18—22. Weiter vorgerückte Stadien der Kerntheilung. Vergrösserung des Verbindungsschlauches. Fig. 22 zeigt die beiden Tochterkerne in bereits differenzirtem Zustand.

Fig. 23. Der innere Rand der Scheidewand befindet sich in unmittelbarer Nähe der Oberfläche des Verbindungsschlauches.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

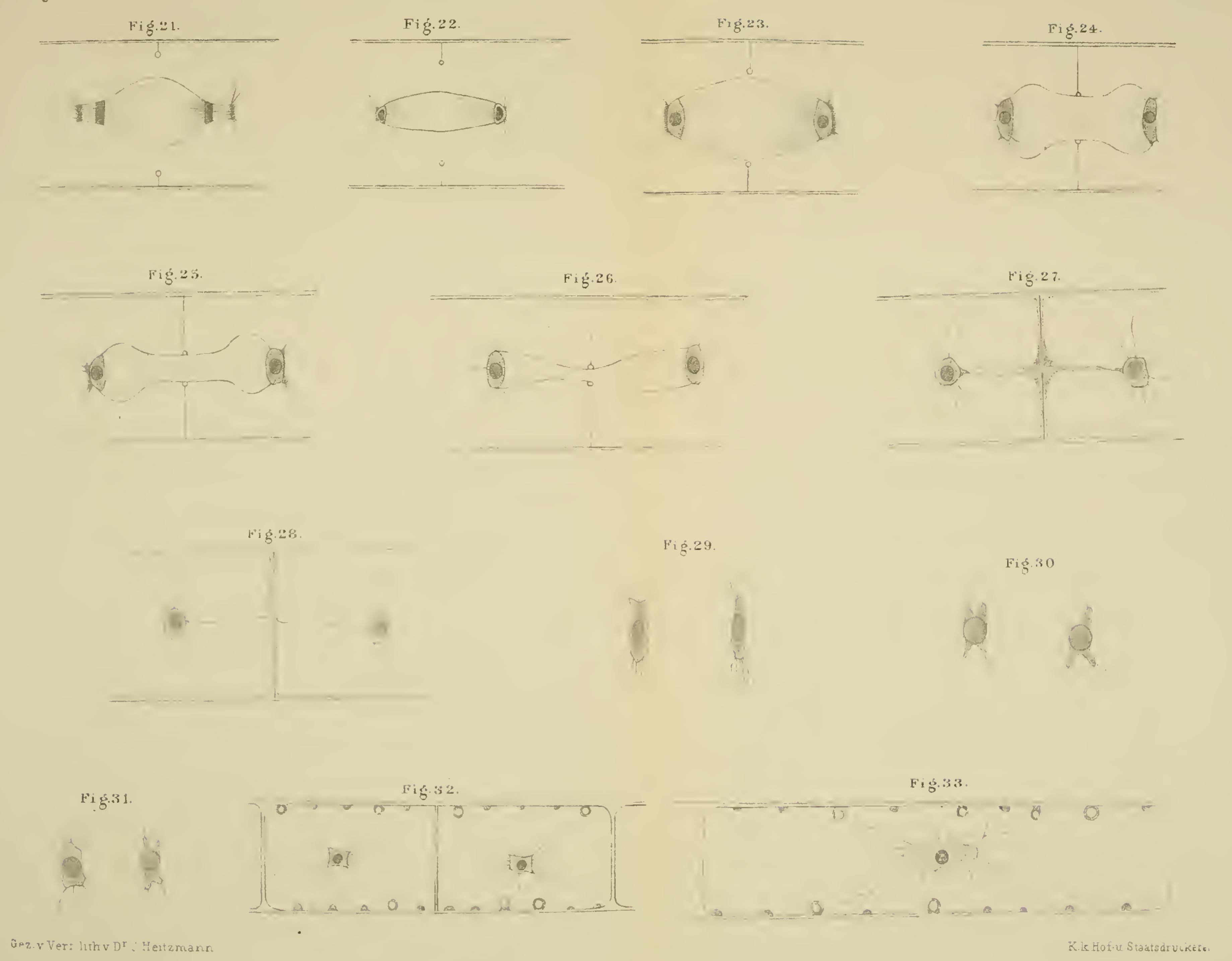


Gez. v. Verf. lith. v. Dr. J. Heitzmann.

K. k. Hof- u. Staatsdruckerei.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum



Gez. v Verf. lith v Dr J. Heitzmann

K. k. Hof-u. Staatsdruckerei.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Fig. 24—26. Einschnürung des Verbindungsschlauches durch die nach innen wachsende Scheidewand.

Fig. 27. Das Plasma der Scheidewand geht auf den contrahirten Verbindungsschlauch über.

Fig. 28. Die beiden nach Resorption des Verbindungsschlauches zurückbleibenden Protoplasmastränge.

Fig. 29 — 31. Kernpaare aus Tochterzellen, nach eben vollendeter Theilung.

Fig. 32. Junge Schwesterzellen mit kurz cylindrischen, typischen Kernen der Ruheform.

Fig. 33. Theilungsfähige Gliederzelle.
